



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> :</b> <b>G02B 21/00, H01S 5/10</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 00/25165</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 4 mai 2000 (04.05.00)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR99/02580 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 22 octobre 1999 (22.10.99) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 98/13333 23 octobre 1998 (23.10.98) FR <b>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> GORECKI, Christophe [FR/FR]; Route de Bonnevent, F-70700 Montboillon (FR). ARAKAWA, Yasuhiko [JP/JP]; 767-31 Ouzenji, Aso-Ku, Kawasaki-Shi, Kanagawa 215-0013 (JP). KHALFALLAH, Sabry, Khalil [FR/JP]; 3-20-3-205 Uehara, Shibuya-Ku, Tokyo 151-0064 (JP). KAWAKATSU, Hideki [JP/JP]; 4-32-13 Kaminoge, Setagaya-Ku, Tokyo 158-0093 (JP). PODLEKI, Jean [FR/JP]; "Grade One " No. 301, 1-23-5 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305-0047 (JP). BOUCHON, Dominique [FR/FR]; 5, place de la Bastille, F-75004 Paris (FR). SPAJER, Michel [FR/FR]; 5, rue de Loisy, F-25000 Besançon (FR).	<b>(74) Mandataires:</b> BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz, 3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR). <b>(81) Etats désignés:</b> JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.</i>	
<b>(54) Title:</b> MONOLITHIC INTEGRATION OF A DETECTION SYSTEM FOR NEAR-FIELD MICROSCOPY BASED ON OPTICAL FEEDBACK IN A VERTICAL CAVITY SURFACE EMITTING LASER <b>(54) Titre:</b> INTEGRATION MONOLITHIQUE D'UN SYSTEME DE DETECTION POUR LA MICROSCOPIE EN CHAMP PROCHE BASE SUR LA REINJECTION OPTIQUE DANS UN LASER A CAVITE VERTICALE EMETTANT PAR LA SURFACE <b>(57) Abstract</b> <p>The invention concerns an optical device comprising a SNOM tip, a laser cavity, a photodetector, said SNOM tip, said laser cavity and said photodetector being monolithically assembled in one common structure, the laser cavity being a VCSEL laser. The photodetector is located either beneath the assembly consisting of the SNOM probe and the VCSEL laser, or between the SNOM tip and the VCSEL laser.</p> <b>(57) Abrégé</b> <p>La présente invention concerne un dispositif de détection optique comprenant une pointe SNOM, une cavité laser, un photodétecteur, la dite pointe SNOM, la dite cavité laser et le dit photodétecteur sont assemblés monolithiquement dans une même structure, la cavité laser étant une cavité laser VCSEL. Le photodétecteur est soit situé sous l'ensemble constitué de la pointe SNOM et de la cavité laser VCSEL, soit situé entre la pointe SNOM et la cavité laser VCSEL.</p>		

BEST AVAILABLE COPY

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

INTEGRATION MONOLITHIQUE D'UN SYSTEME DE  
DETECTION POUR LA MICROSCOPIE EN CHAMP PROCHE BASE  
SUR LA REINJECTION OPTIQUE DANS UN LASER A CAVITE  
VERTICALE EMETTANT PAR LA SURFACE

5

L'invention concerne un système original de  
détection pour la microscopie SNOM s'appuyant sur  
l'intégration monolithique du composant en technologie III-V  
et utilisant les effets de la réinjection optique en  
détection champ proche.

10

Si le contrôle de la réinjection optique dans  
une cavité laser semi-conducteur a été largement utilisé  
comme un moyen de mesure en détection champ lointain, les  
effets de la réinjection en détection champ proche sont  
relativement ignorés.

15

L'architecture de détection optique proposée  
comprend une cavité laser VCSEL, un photodétecteur, et une  
pointe SNOM. La structure complète sera réalisée par  
croissances successives de ces éléments en une seule  
épitaxie. La pointe SNOM joue le rôle de sonde champ proche  
collectrice et émettrice à la fois, garantissant la  
résolution sub-nanométrique de la tête de mesure.

20

L'insertion d'une diode laser dans un montage  
optique s'accompagne toujours de réflexions du flux émis sur  
des interfaces successives de ce montage (éléments  
optiques), produisant une réinjection de la lumière au sein  
de la cavité. Le phénomène de réinjection optique est une  
source de soucis pour l'expérimentateur qu'il faut pouvoir  
maîtriser pour l'utiliser en tant que moyen de détection.  
Plusieurs modèles du phénomène de réinjection optique  
existent déjà.

25

30

La réinjection optique contrôlée a été largement  
utilisée comme un moyen de mesure en détection champ  
lointain (télémétrie, vélocimétrie, microscopie) ou  
l'échantillon à mesurer est placé à une distance supérieure  
à la longueur d'onde d'émission de la face de sortie du  
laser. Il est généralement admis que les propriétés  
intrinsèques de l'émission changent car le faisceau lumineux

35

5 rétroréfléchi se mélange de façon constructive avec l'onde émise, modulant le profil de gain et modifiant le courant de seuil du laser. On constate que la modulation d'intensité entraînée par un miroir mobile placé devant la cavité laser est similaire à celle produite par l'interférométrie optique conventionnelle.

10 Cependant, certaines caractéristiques de cette modulation semblent contredire la théorie classique de l'interférométrie. Ce phénomène est appelé interférences par l'effet de réinjection. Pour mieux comprendre la complexité du phénomène de réinjection optique il faut établir une relation entre la modulation d'intensité et le comportement spectral du système perturbé, et prendre en compte les variations de la courbe de gain produites par la réinjection. L'étude de ces effets sur les lasers semi-conducteurs, faisant appel au modèle de la cavité externe, a suscité de nombreuses investigations qui ont mis en évidence les différents régimes de réinjection optique.

20 Si le phénomène de réinjection optique est une source de soucis pour l'expérimentateur, son contrôle permet de l'utiliser en tant que moyen de détection. Il est alors indispensable de connaître les paramètres spécifiques de la réinjection (énergie de réalimentation) et le régime opérationnel de la cavité laser (courant de seuil) qui permettront d'atteindre la sensibilité optimale de mesure.

30 Les interférences par l'effet de réinjection ont été exploitées largement en télémétrie optique, la mesure de distances, et la vélocimétrie par l'effet Doppler. Un modèle simplifié est basé sur l'interférence entre une onde lumineuse se propageant à l'intérieur de la cavité laser et une onde rétroréfléchie dans la cavité. Ce modèle ne prend pas en compte les effets de l'élargissement (ou de rétrécissement) de la largeur spectrale du laser et permettent seulement de valider le principe de la technique de mesure.

35 Un modèle plus sophistiqué du phénomène de la réinjection considère que l'ensemble composé par la cavité laser et le réflecteur extérieur se comporte comme une

triple cavité Fabry-Pérot. Ce modèle relie la modulation d'intensité à une modification de la densité de porteurs dans la cavité laser et l'assimile à un effet de modulation spectrale. Cette approche a permis la réalisation de plusieurs dispositifs de télémétrie.

L'effet de réinjection est utilisé pour mesurer les vibrations d'un microlevier intégré au système de détection d'un microscope à effet tunnel (STM), commercialisé par la société américaine Digital Instruments (Nanoscope II). Dans cette configuration un microlevier est monté sur un bimorphe et disposé à une distance de plusieurs micromètres de la face de sortie de la diode laser. La lumière émise par la diode laser est rétroréfléchie dans la cavité laser et modulée par la vibration du microlevier. La modulation d'intensité résultante est mesurée par un détecteur intégré à l'arrière de la cavité laser. Grâce à cette technique des amplitudes de vibrations dans la gamme de 10 nanomètres ont été mesurées avec une résolution spatiale de 800 angströms.

Différents types de microscopes confocaux basés sur l'effet de rétroinjection optique existent déjà. Un premier microscope confocal à balayage, basé sur l'effet de rétroinjection optique, est destiné à la profilométrie de surfaces, et atteint des rugosités dans la gamme de 3 nm à 3µm avec une résolution spatiale de 200 nm. Son architecture très simple comprend une cavité Fabry-Pérot avec un détecteur à l'arrière, et un système optique focalisant le faisceau lumineux sur l'échantillon jouant le rôle de la cavité externe. Le positionnement du porte échantillon est assuré grâce à un translateur piézoélectrique.

Un second microscope confocal à balayage utilise comme sonde une fibre optique monomode clivée (celle-ci joue à la fois le rôle de filtre spatial pour l'illumination et de détection du faisceau lumineux). Le phénomène mesuré est basé sur des interférences produites entre l'onde rétro-diffusée par la sonde et celle réfléchie par l'échantillon. Une vibration axiale de la sonde, entraînée par un bimorphe piézoélectrique, associée à l'analyse par un détecteur

synchrone et un filtrage fréquentiel permettent d'extraire le signal confocal à partir du signal interférométrique classique.

Si le contrôle de rétro-réflexions dans une cavité laser a été largement utilisé comme un moyen de mesure en détection champ lointain, les effets perturbateurs d'un échantillon placé à une distance sub-longueur d'onde de la face de sortie de la cavité Fabry-Pérot du laser sont relativement ignorés. Cette configuration particulière, exigeant un modèle de réinjection plus complexe, constitue la principale originalité de l'invention.

En microscopie champ proche par réflexion où la sonde optique fonctionne à la fois en émission et en détection, le signal de sortie rétroréfléchi dans la sonde est très faible. Pour pallier cette difficulté, deux microscopes optiques SNOM (Scanning Near Field Optical Microscope), basés sur la réinjection dans la cavité de laser du faisceau lumineux réfléchi par l'échantillon, ont été récemment proposés. Dans ces dispositifs expérimentaux la perturbation introduite par la réalimentation de la diode laser est utilisée comme signal utile de sortie.

Dans un premier système, la cavité laser est constituée par une fibre optique dopée au néodyme ( $\text{Nd}^{+3}$ ) et pompée par un laser à krypton ( $\text{Kr}^+$ ). A une des extrémités de la fibre on réalise par attaque chimique la pointe champ proche de la sonde optique, jouant également le rôle de l'une des cavités Fabry-Pérot du laser.

Un second dispositif expérimental utilise une diode laser fibrée avec un photodétecteur intégré à l'arrière de la cavité. Le faisceau de sortie du laser fibré est couplé dans une section de fibre optique dont l'extrémité taillée en pointe constitue la sonde locale du microscope.

Les images d'un objet test issues de ces deux microscopes SNOM, présentant localement des fortes variations de l'indice de réfraction, ont été comparées avec celles obtenues par la microscopie à force de cisaillement fonctionnant en mode topographique. Dans les deux cas, les

contours de l'objet test sont mieux visibles sur les images SNOM que sur les images topographiques. Ce résultat démontre que le microscope SNOM, basé sur la réinjection optique, s'avère un outil de mesure privilégié des propriétés optiques des matériaux.

Le microscope optique SNOM est un microscope en champ proche avec une sonde locale jouant le rôle de pointe collectrice et émettrice à la fois. L'élément essentiel est la sonde, généralement en fibre optique taillée en pointe fine dont le rôle est de convertir les ondes évanescentes non progressives en ondes homogènes pouvant se propager jusqu'au système de détection. La conversion des ondes évanescentes, due à la diffraction de la lumière par la sonde, ne dépend que de la taille de la pointe qui définit la résolution latérale du microscope. La solution généralement adoptée consiste à utiliser une fibre optique taillée en pointe par attaque chimique. Cette technologie n'est pas toujours reproductible et la fabrication collective de sondes se trouve limitée. Par ailleurs, la faiblesse du signal de retour revenant dans la sonde par rétroréflexion constitue une autre limitation du SNOM classique. Pour améliorer la sensibilité du microscope, tout en simplifiant son architecture, l'invention utilise la réinjection optique comme un moyen de détection. Grâce à l'intégration du dispositif, la réalisation d'un système de détection optique apte à une production de masse et s'appuyant sur la nanofabrication est possible. La fabrication collective en technologie III-V permet d'associer un faible coût de fabrication à la possibilité d'intégration monolithique de tous les éléments par des simples reprises d'épitaxie.

Les lasers à semi-conducteurs sont bien connus dans l'art antérieur. Les premiers lasers à semi-conducteurs ont été obtenus par diffusion d'un élément dopant de type p dans un substrat d'arséniure de gallium de type n. Pour fabriquer les couches actives de ces lasers, on effectue une croissance cristalline (épitaxie) de différentes couches semi-conductrices dont la composition permet de contrôler et

ajuster l'émission de photons aux longueurs d'onde désirées. La cavité résonnante de type Fabry-Pérot (ou miroirs permettant l'oscillation laser) est fabriquée par découpage des facettes sur deux tranches perpendiculaires au plan de la jonction p-n (clivage). Dans ce cas la lumière est émise  
5 parallèlement au substrat et on parle d'émission par la tranche.

La récente évolution de la technique d'épitaxie permet à la fois le contrôle de la croissance cristalline avec une précision de quelques nanomètres et l'obtention  
10 d'une excellente qualité cristalline. Il est donc possible de fabriquer des structures nécessitant l'obtention d'interfaces abruptes de matériaux semi-conducteurs (de l'ordre de la monocouche) qui trouvent des applications dans la réalisation de puits quantiques et de réflecteurs de  
15 Bragg à très fort pouvoir réfléchissant. Cette dernière structure est un réseau périodique déposé à proximité de la région active de la cavité laser qui est une alternative intéressante à la cavité Fabry-Pérot obtenue par clivage de  
20 facettes.

Ces progrès technologiques ont permis l'apparition, d'un laser émettant la lumière perpendiculairement au substrat, le VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser). Ce composant récent commence à  
25 atteindre sa maturité. Les matériaux semi-conducteurs employés pour sa réalisation sont généralement des composants ternaires d'éléments issus des colonnes III-V du tableau périodique des éléments (GaAlAs). Le brevet US5331658 donne un exemple de fabrication d'un VCSEL.

L'invention, dans son acception la plus générale, consiste à intégrer de manière monolithique un dispositif de détection comprenant une cavité laser VCSEL, un photodétecteur, et une pointe SNOM. Le dispositif monolithique consiste en un assemblage de la cavité laser et  
30 de la pointe SNOM dans un bloc unique qui permet la fabrication de ces éléments par croissances successives de ces deux structures en une seule épitaxie. Un assemblage de la cavité laser et de la pointe SNOM dans un bloc non



monolithique, obtenu par collage est envisagé dans le cas de la fabrication de la pointe SNOM par attaque chimique localisée.

L'ensemble composé du détecteur et de la cavité VCSEL sera réalisée par croissances successives de ces deux structures en une seule épitaxie. Le système de détection peut être fabriqué dans deux versions différentes (Figures 1 et 6) qui sont les suivantes :

- le photodétecteur PD est placé à l'arrière de la cavité VCSEL (Figure 1) ;
- le photodétecteur PD est placé au-dessus de la cavité VCSEL (Figure 6).

Ces systèmes de détection contiennent une pointe SNOM (1), des contacts n (2) et p (3), une cavité VCSEL (4), un photodétecteur (5) ainsi qu'un substrat (6).

L'emploi de la réinjection optique en détection champ proche constitue le premier élément de l'invention. Si l'on considère que la faiblesse du signal de retour revenant dans la sonde par rétroréflexion constitue une des limitations du SNOM classique, l'utilisation du phénomène de réinjection optique constitue une amélioration de la sensibilité de la détection SNOM. Celle-ci est liée au fait que le régime optimal de réinjection exige des très faibles niveaux de rétroréflexion.

L'utilisation des VCSEL constitue le second élément de l'invention. Les VCSEL peuvent facilement être intégrés au sein des composants plus complexes. L'architecture de détection contient trois composants différents (cavité VCSEL, photodétecteur, pointe SNOM), pouvant être intégrés monolithiquement par des simples reprises d'épitaxie. En outre, la fabrication collective en technologie III-V permet d'éviter des opérations délicates d'alignement ; il en résulte un instrument de mesure compact, fiable et économique.

Deux architectures différentes sont envisagées : photodétecteur placé à l'arrière de la cavité VCSEL et photodétecteur placé à l'avant de la cavité VCSEL. Ces deux architectures assurent la même fonctionnalité de mesure,

mais leurs processus de fabrication diffèrent légèrement. L'élément clé du système de détection proposé est la pointe SNOM en AlGaAs, dont le rayon de courbure est de l'ordre de 50 nm, obtenue par reprise d'épithaxie sur la partie supérieure du dispositif. Elle joue le rôle de sonde champ proche collectrice et émettrice à la fois, garantissant la résolution sub-nanométrique de la tête de mesure.

Un processus préférentiel de fabrication est décrit en détails sur les figures 7 à 25. Ces figures seront mieux comprises lors de la description des étapes de réalisation de l'architecture.

Sur ces figures 7 à 25, les différentes couches de l'architecture correspondent respectivement à : DBR n (AlGaAs/AlAs) (11), Zone active i (OW) (12), DBR p (AlGaAs/AlAs) (13), de haut en bas AlGaAs p / GaAs i / AlGaAs n (14), Substrat GaAs n (15). Sur les figures 8 et suivantes, on observe un masque de  $\text{SiO}_2$  avec ouvertures (16) et sur les figures 9 et suivantes, la référence (17) correspond à une pointe en semi-conducteur III-V.

La référence (18) correspond à des couches  $\text{AlO}_x$  (figure 13), alors que sur la figure 15 on trouve une couche de l'électrode VPD(-) (19), GND (20) et VLD(-) (21). Sur la figure 25, la référence (22) correspond à une couche de l'électrode VPD(+).

La réalisation complète de la structure ou le photodétecteur se trouve à l'arrière de la cavité VCSEL est composée des étapes technologiques suivantes (figures 7 à 15) :

- Fabrication des couches de semi-conducteurs composant le photodétecteur PD et la cavité VCSEL par épithaxie en phase vapeur de composés organométalliques (MOCVD) (figure 7);

- Dépôt d'un masque de silice ( $\text{SiO}_2$ ) et réalisation d'ouvertures dans ce dernier par lithographie électronique et gravure (figure 8);

- Croissance localisée de la pointe SNOM et élimination du masque de silice (figure 9);

- Dépôt d'une électrode métallique plane en face arrière (contact ohmique de type n) (figure 10);

- Dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la pointe SNOM (contact ohmique de type n) et recuit des métallisations n (figures 10 et 11) ;

- Gravure de la colonne définissant la structure de la cavité VCSEL (figure 12);

- Oxydation sélective de couches riches en Aluminium ( $AlO_x$ ) afin de définir la zone d'injection du courant dans la partie active du laser (figure 13);

- Dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la colonne (contact ohmique de type p) (figure 14);

- Câblage par microsoudure des trois électrodes. GND est la masse commune, VLD représente la tension appliquée au VCSEL (tension négative afin que VCSEL soit polarisé positivement), et VPD indique la tension appliquée au photodétecteur PD (tension négative afin que PD soit polarisé négativement) (figure 15);

La réalisation complète de la structure ou le photodétecteur se trouve au-dessus de la cavité VCSEL est composée des étapes technologiques suivantes (figures 16 à 25)

- Fabrication des couches de semi-conducteurs composant le photodétecteur PD et la cavité VCSEL par épitaxie en phase vapeur de composés organométalliques (MOCVD) (figure 16);

- Dépôt d'un masque de silice et réalisation d'ouvertures dans ce dernier par lithographie électronique et gravure (figure 17);

- Croissance localisée de la pointe et élimination du masque de silice (figure 18);

- Dépôt d'une électrode métallique plane en face arrière (contact ohmique de type n) (figure 19);

- Dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la pointe SNOM (contact ohmique de type n) et recuit des métallisations n (figures 19 et 20) ;

- Gravure de la colonne définissant la structure du photodétecteur PD (figure 21);

- Dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la colonne (contact ohmique de type p) (figure 22);

- Gravure de la colonne définissant la structure de la cavité VCSEL (figure 23);

- Oxydation sélective des couches riches en Aluminium (AlOx) afin de définir la zone d'injection du courant dans la partie active du laser (figure 24);

- Câblage par microsoudure de trois électrodes. GND est la masse commune, VLD représente la tension appliquée au VCSEL (tension négative afin que VCSEL soit polarisé positivement), VPD indique la tension appliquée au photodétecteur PD (tension positive afin que PD soit polarisé négativement) (figure 25).

Pour la réalisation de la pointe SNOM, il est possible d'envisager une seconde solution : la croissance par attaque chimique localisée. Les étapes de réalisation sont alors les suivantes :

- protection des zones qui ne doivent pas être gravées,

- définition des zones à graver par photolithographie,

- attaque chimique localisée de AsGa utilisant une solution à 10°C de  $H_3PO_4 : H_2O_2 : H_2O$  (dans les proportions 10:1:1), et

- élimination du masque photolithographique.

L'asservissement de la distance sonde-échantillon présente une des difficultés de la microscopie en champ proches à sonde optique locale. Comme la mesure de topographie s'appuie sur la détection des ondes évanescentes créées au-dessus de la surface de l'échantillon, l'information enregistrée ne correspond pas au profil géométrique de l'échantillon. Pour assurer une mesure à résolution constante et éviter l'écrasement de la sonde sur la surface de l'échantillon on asservit habituellement la distance sonde-échantillon par un système de détection des forces de cisaillement (Shear Force).

Avantageusement, le système de détection peut être fixé par collage sur une poutre dont la déflexion est obtenue grâce à un dispositif piézoélectrique placé à son encastrement (Figure 2). Ainsi, la poutre est maintenue en vibration à une fréquence proche de sa fréquence propre de résonance. Lorsque la distance sonde-échantillon devient très faible, l'amplitude de vibration de la poutre subit une brutale décroissance. Ce signal est utilisé comme une alarme pour éviter l'écrasement de la sonde lors de l'approche vers l'échantillon. Par un asservissement électronique on accède à un signal de la boucle, issu de l'amplificateur à détection synchrone, qui renseigne sur les variations autour de la hauteur de consigne de la sonde au cours de balayage de l'échantillon.

La qualité du rapport signal sur bruit obtenu à partir d'un système d'interférences dépend du contraste (ou visibilité) de franges. Le contraste de franges est maximal si les énergies de deux ondes qui interfèrent sont égales. Dans le cas du phénomène de rétroinjection optique. La visibilité de franges est très faible car l'énergie de l'onde rétroréfléchie dans la cavité est négligeable devant celle qui est émise par la cavité. Pour tenir compte de cette difficulté, il est préférable d'utiliser la méthode de modulation à deux fréquences de la longueur d'onde d'émission de la diode laser. Au courant de polarisation de la diode laser, on superpose un courant de modulation composé de deux composantes sinusoïdales avec des fréquences respectives  $\Omega_1=2\Omega$  et  $\Omega_2=3\Omega$  :

$$J(t) = \text{courant continu} + J_1 \sin \Omega_1 t + J_2 \sin \Omega_2 t$$

où  $J_1$  et  $J_2$  représentent les amplitudes des signaux. Le signal d'interférence détecté par la photodiode contient l'information de phase  $\varphi$  :

$$I(t) = I_0 K(\varphi + m_1 \sin \Omega_1 t + m_2 \sin \Omega_2 t) \approx I_0 K(\varphi + m_1 \sin 2\Omega t + m_2 \sin 3\Omega t)$$

où  $m_i$  ( $i=1,2$ ) représente les amplitudes de modulation.

L'analyse spectrale de ce signal révèle une série d'harmoniques qui apparaissent à la fréquence  $\Omega$  et à ses multiples entiers  $2\Omega$  et  $3\Omega$ . L'évaluation de la réinjection optique se fera par l'analyse fréquentielle de ces composants spectraux. Le schéma de l'électronique de démodulation est représenté sur la Figure 3. Un générateur de signaux (51) module la fréquence d'émission de la diode laser (53) avec le signal J. Le courant délivré par la photodiode, intégrée à l'arrière de la cavité laser, est amplifié (55) et un filtre passe-bande (57) extrait les harmoniques utiles. La démodulation est assurée par une boucle à verrouillage de phase PLL (60). Un détecteur synchrone permet l'accès au signal de phase lié aux propriétés optiques de l'échantillon.

De manière simplifiée, on observe deux régimes énergétiques distincts de réinjection optique :

- une réalimentation en couplage faible (moins de 1% de la lumière émise est réinjecté dans la cavité), et

- une réalimentation en couplage modéré ou régime chaotique (entre 1% et 10% de lumière réinjectée).

La figure 4 illustre schématiquement les spectres d'émission d'une cavité laser en l'absence de réinjection et pour les régimes de couplage faible et modéré. Dans le cas d'une réalimentation optique en couplage faible (Figure 4b) on observe une forte réduction de la largeur du spectre d'émission et l'apparition de faibles modes latéraux équidistants. Ces modes secondaires sont liés à la présence de la cavité externe que constitue la surface rétrodiffusante provoquant la réinjection d'une portion du faisceau lumineux à l'intérieur de la cavité laser. Dans la configuration du régime de réalimentation modérée (Figure 4c) on assiste à la diminution de la longueur de cohérence de la cavité laser, accompagnée par un élargissement du mode fondamental d'émission et une modification du courant de

seuil. Ce régime de couplage favorise les modes de cavité externe qui deviennent alors dominants. La figure 5 représente les courbes caractéristiques du flux en fonction du courant d'injection de la diode laser HL 6726MG de la marque "Hitachi", tracées respectivement en absence et en présence de la réinjection optique. Elles présentent des ondulations périodiques dont la période est définie par la longueur de la cavité externe perturbatrice.

Certaines conséquences du phénomène de réinjection ne sont pas encore parfaitement comprises et l'approche du phénomène basée sur la théorie classique des interférences est trop restrictive. Ainsi par exemple, le phénomène de réinjection est observable même si la distance entre la sortie de la cavité laser et le réflecteur extérieur est supérieure à la distance de cohérence du laser utilisé (dans les diodes lasers monomodes émettant à 780 nm celle-ci se situe dans la gamme millimétrique), et les franges prennent la forme de battements en " dents de scie " changeant d'inclinaison lorsque le réflecteur mobile change son sens de déplacement.

## Revendications

1 - Dispositif de détection optique comprenant une pointe SNOM, une cavité laser, un photodétecteur caractérisé en ce que la dite pointe SNOM, la dite cavité laser et le dit photodétecteur sont assemblés monolithiquement dans une même structure et en ce que la dite cavité laser est une cavité laser VCSEL.

2 - Dispositif de détection optique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le photodétecteur est situé sous l'ensemble constitué de la pointe SNOM et de la cavité laser VCSEL.

3 - Dispositif de détection optique selon la revendication 1 caractérisé en ce que le photodétecteur est situé entre la pointe SNOM et la cavité laser VCSEL.

4 - Procédé de fabrication d'une architecture de détection optique caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fabrication des couches de semi-conducteurs composant le photodétecteur PD et la cavité VCSEL par épitaxie en phase vapeur de composés organométalliques (MOCVD) (figure 7);

- dépôt d'un masque de silice ( $\text{SiO}_2$ ) et réalisation d'ouvertures dans ce dernier par lithographie électronique et gravure (figure 8);

- croissance localisée de la pointe SNOM et élimination du masque de silice (figure 9);

- dépôt d'une électrode métallique plane en face arrière (contact ohmique de type n) (figure 10);

- dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la pointe SNOM (contact ohmique de type n) et recuit des métallisations n (figures 10 et 11) ;

- gravure de la colonne définissant la structure de la cavité VCSEL (figure 12);

- oxydation sélective de couches riches en Aluminium ( $\text{AlOx}$ ) afin de définir la zone d'injection du courant dans la partie active du laser (figure 13);



- dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la colonne (contact ohmique de type p) (figure 14);

- câblage par microsoudure des trois électrodes (figure 15);

5           5 - Procédé de fabrication d'une architecture de détection optique caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

10           - fabrication des couches de semi-conducteurs composant le photodétecteur PD et la cavité VCSEL par épitaxie en phase vapeur de composés organométalliques (MOCVD) (figure 16);

15           - dépôt d'un masque de silice et réalisation d'ouvertures dans ce dernier par lithographie électronique et gravure (figure 17);

            - croissance localisée de la pointe et élimination du masque de silice (figure 18);

            - dépôt d'une électrode métallique plane en face arrière (contact ohmique de type n) (figure 19);

20           - dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la pointe SNOM (contact ohmique de type n) et recuit des métallisations n (figures 19 et 20) ;

            - gravure de la colonne définissant la structure du photodétecteur PD (figure 21);

25           - dépôt d'une électrode métallique en forme d'anneau autour de la colonne (contact ohmique de type p) (figure 22);

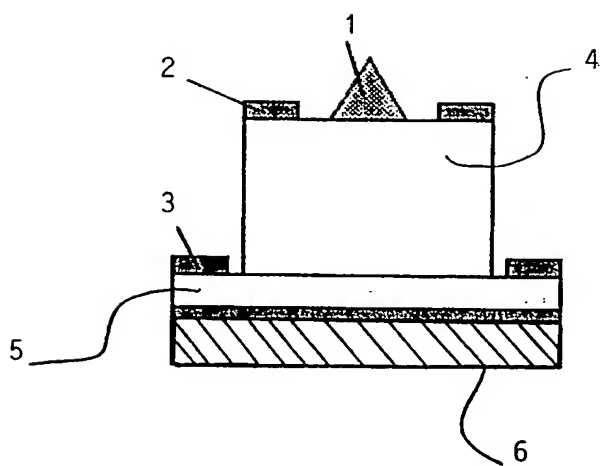
            - gravure de la colonne définissant la structure de la cavité VCSEL (figure 23);

30           - oxydation sélective des couches riches en Aluminium ( $AlO_x$ ) afin de définir la zone d'injection du courant dans la partie active du laser (figure 24);

            - câblage par microsoudure des trois électrodes (figure 25).

1/25

Fig.1



2/25

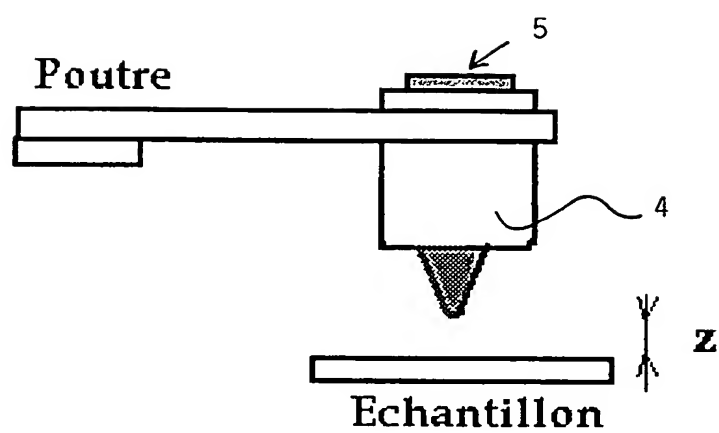


Figure 2

3/25

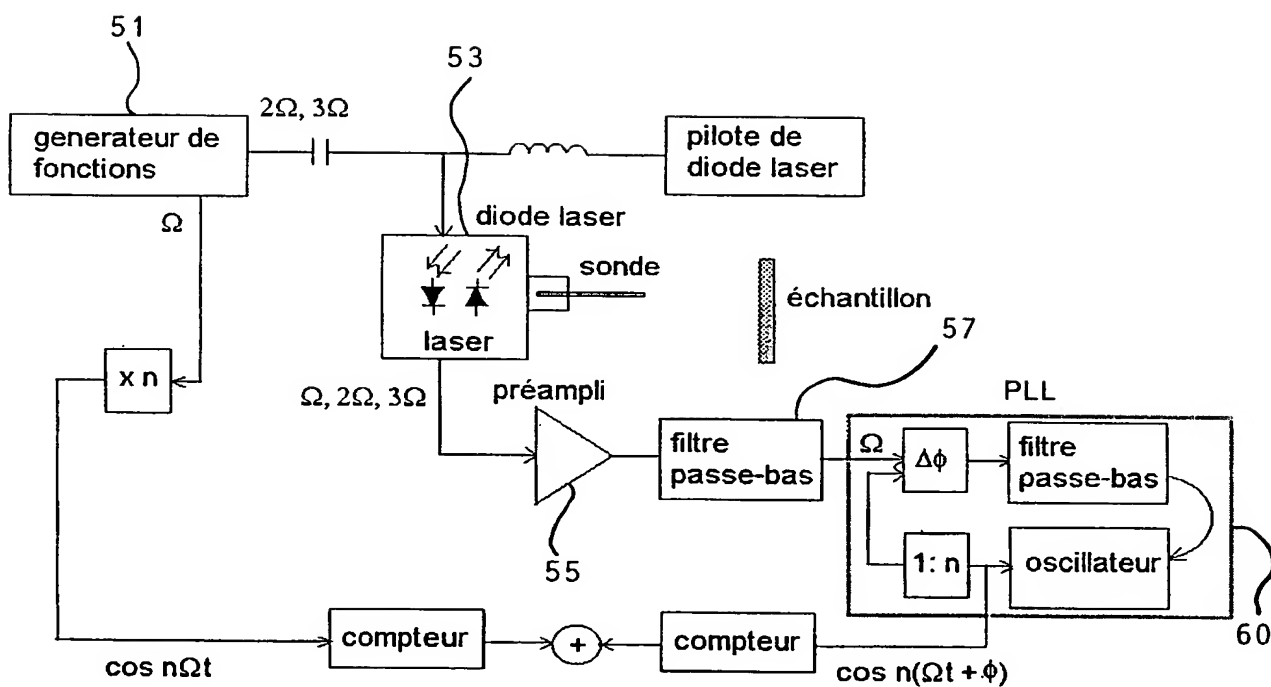


Figure 3

4/25

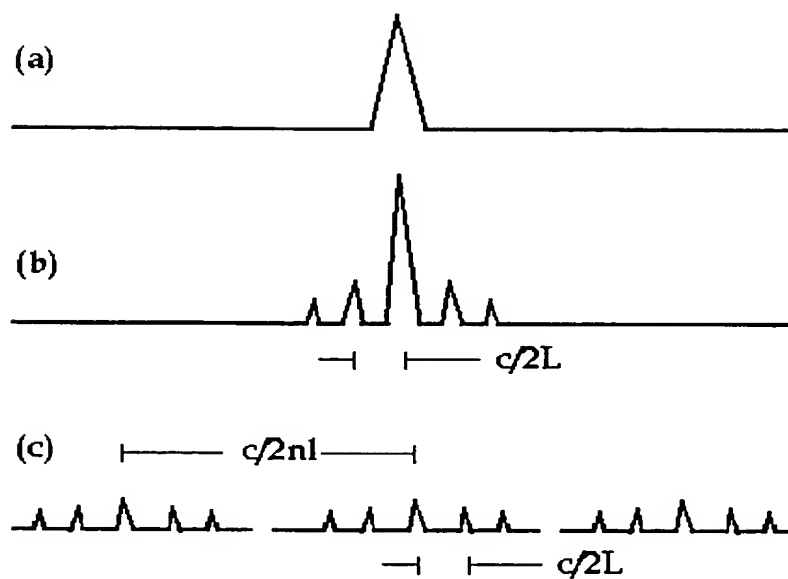
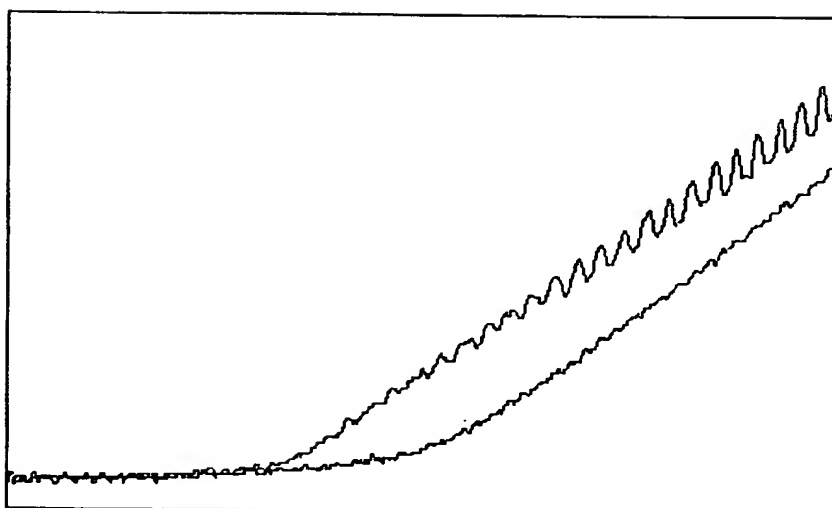


Figure 4

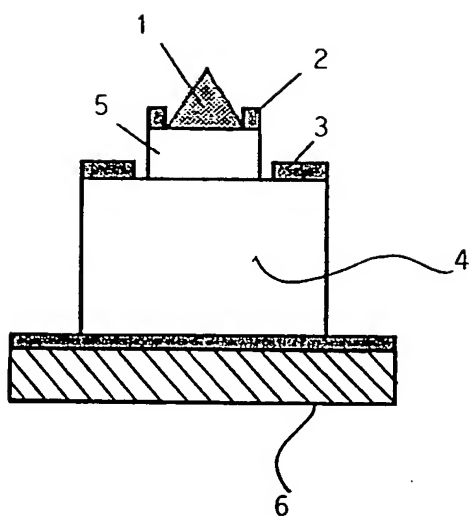
5/25

Fig.5



6/25

Fig.6



7/25

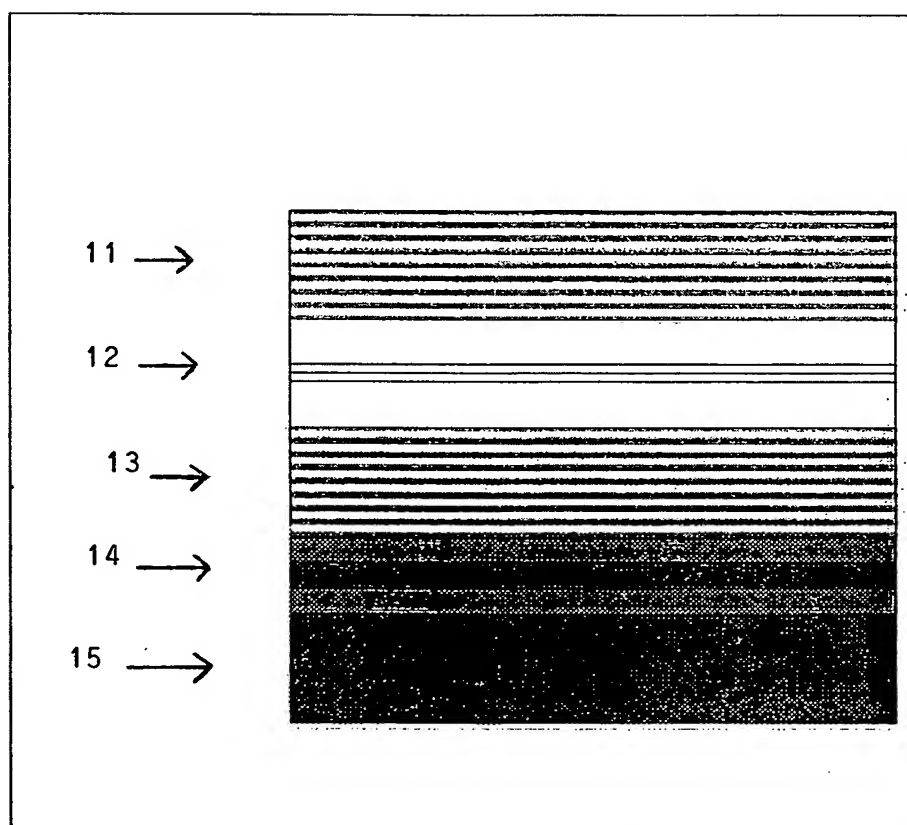
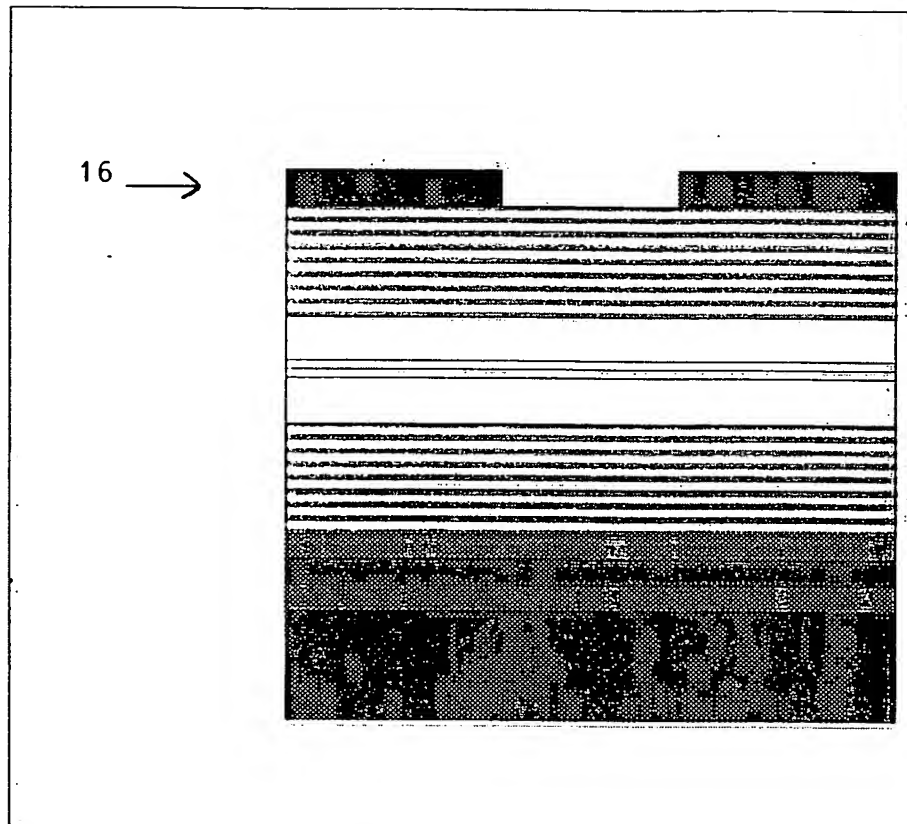


Figure 7



8/25



9/25

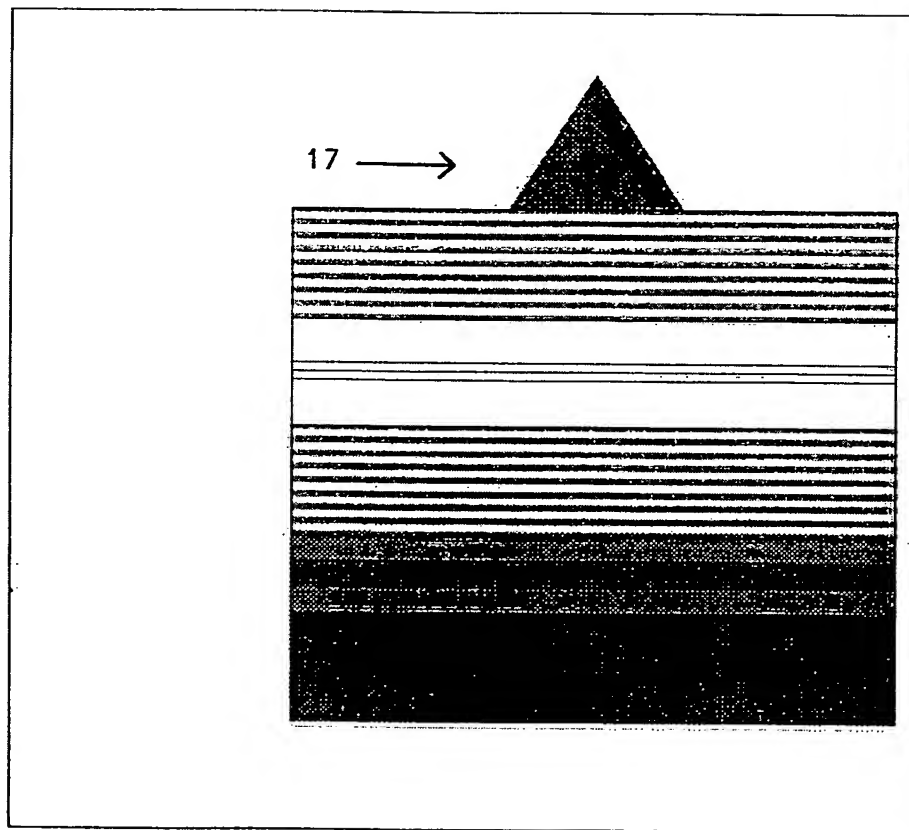


Figure 9

10/25

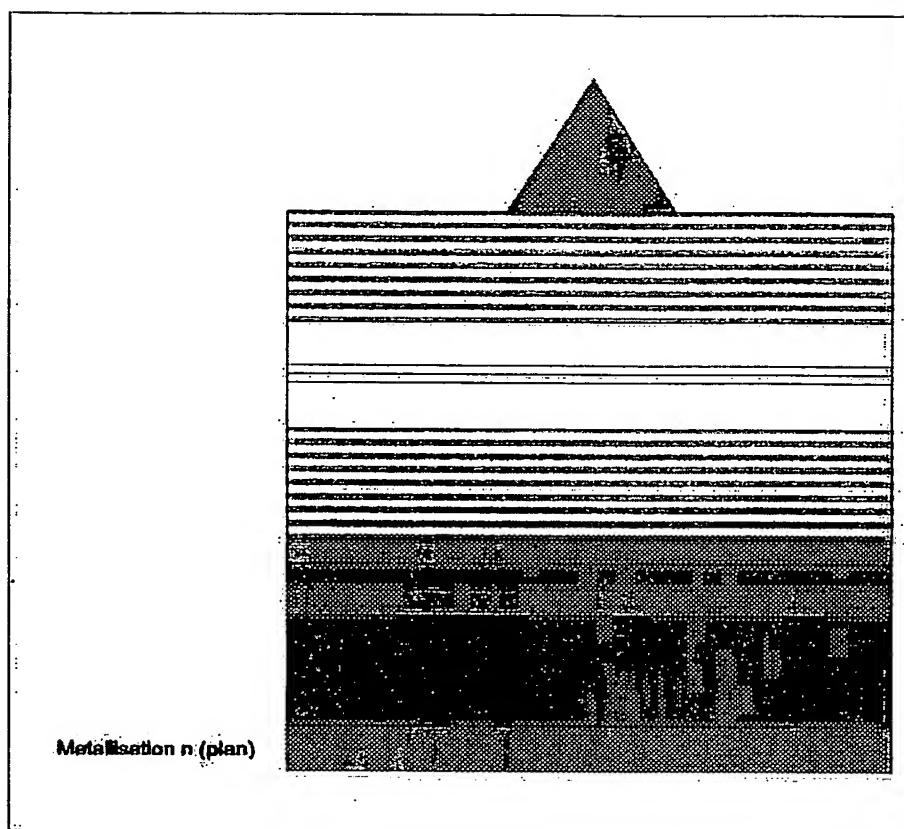


Figure 10

11/25

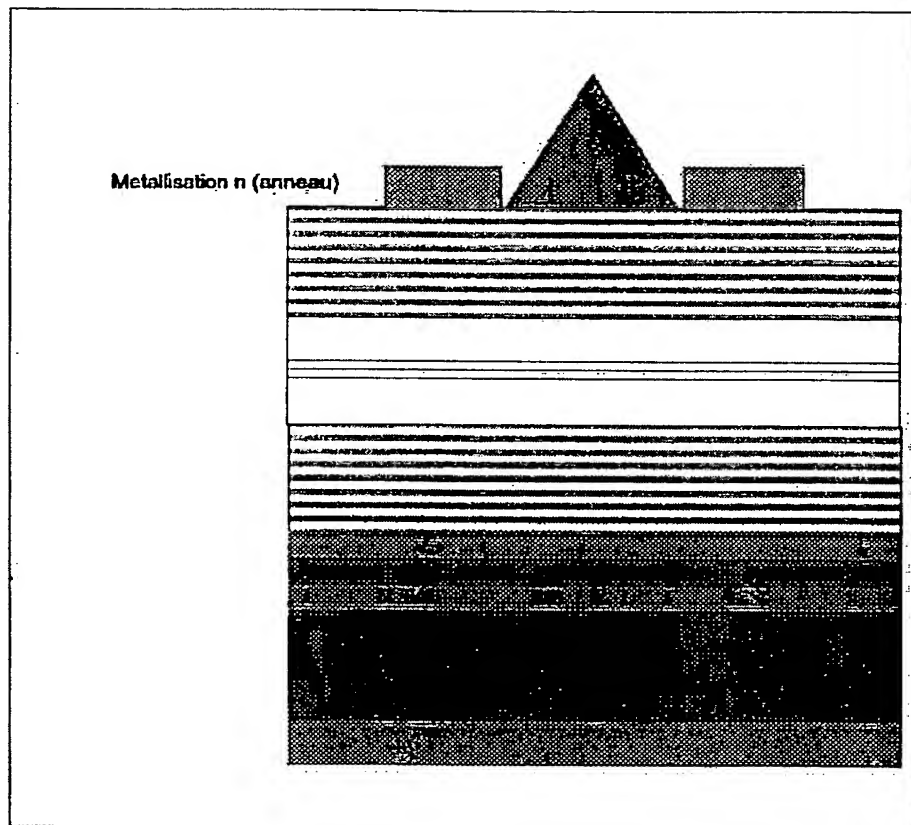


Figure 11

12/25

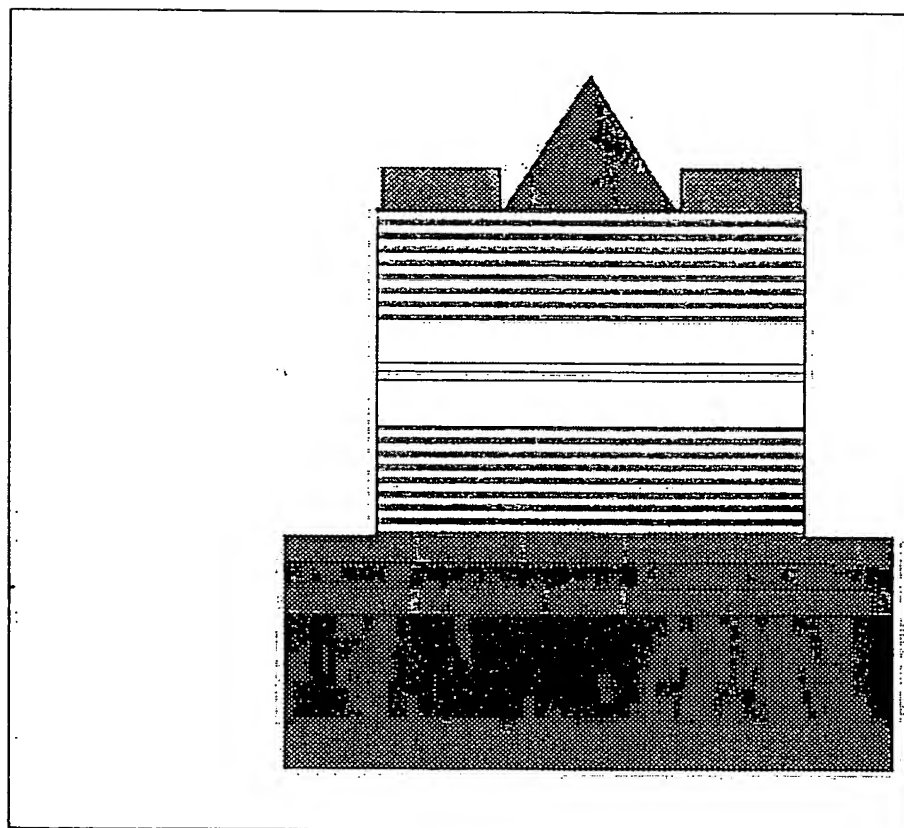


Figure 12

13/25

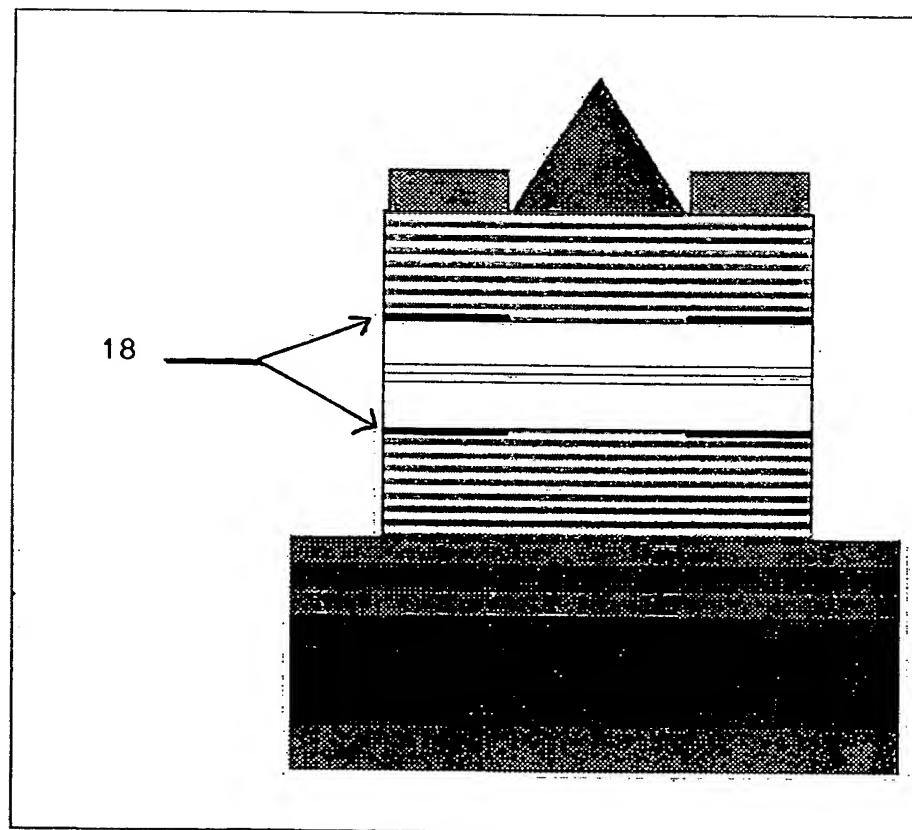


Figure 13

14/25

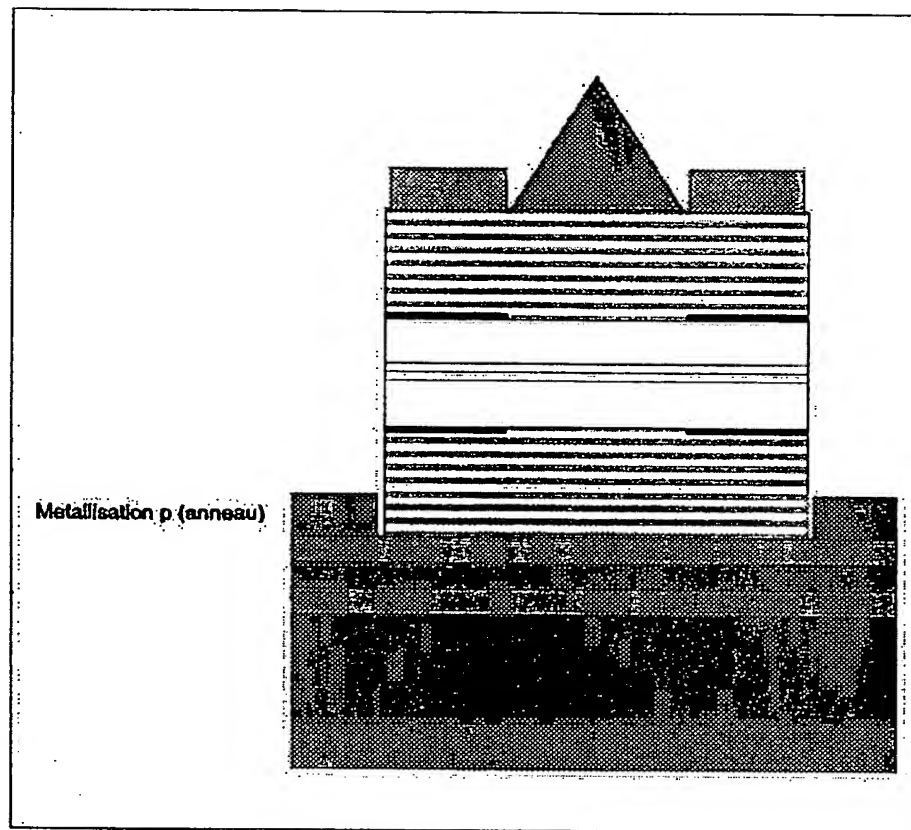


Figure 14





16/25

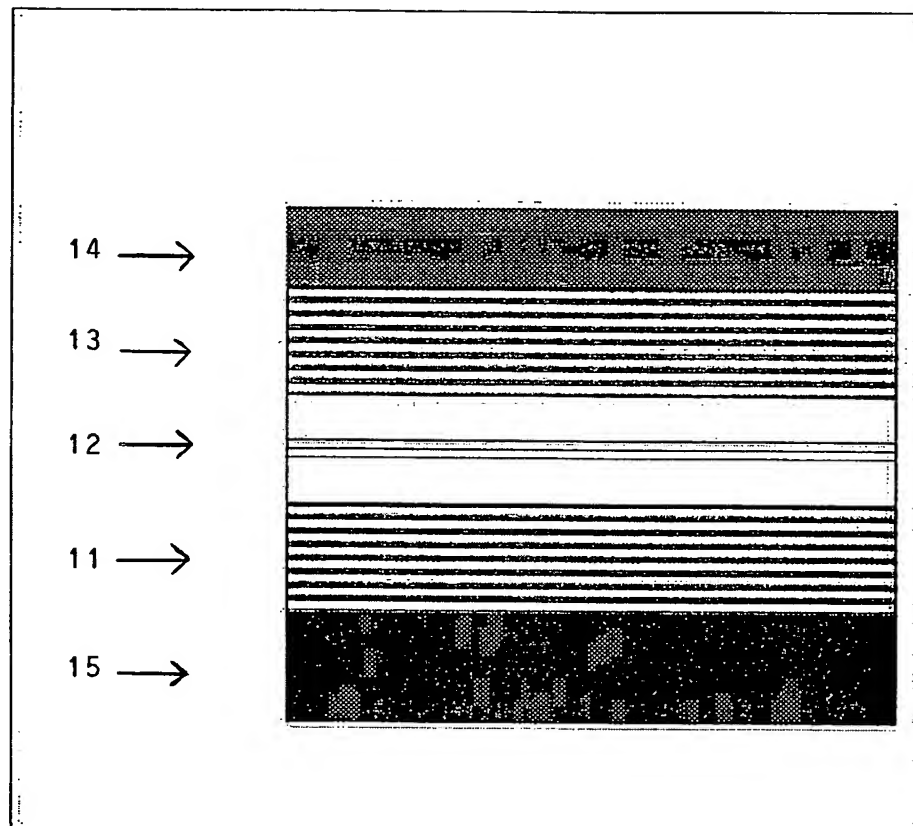


Figure 16

17/25

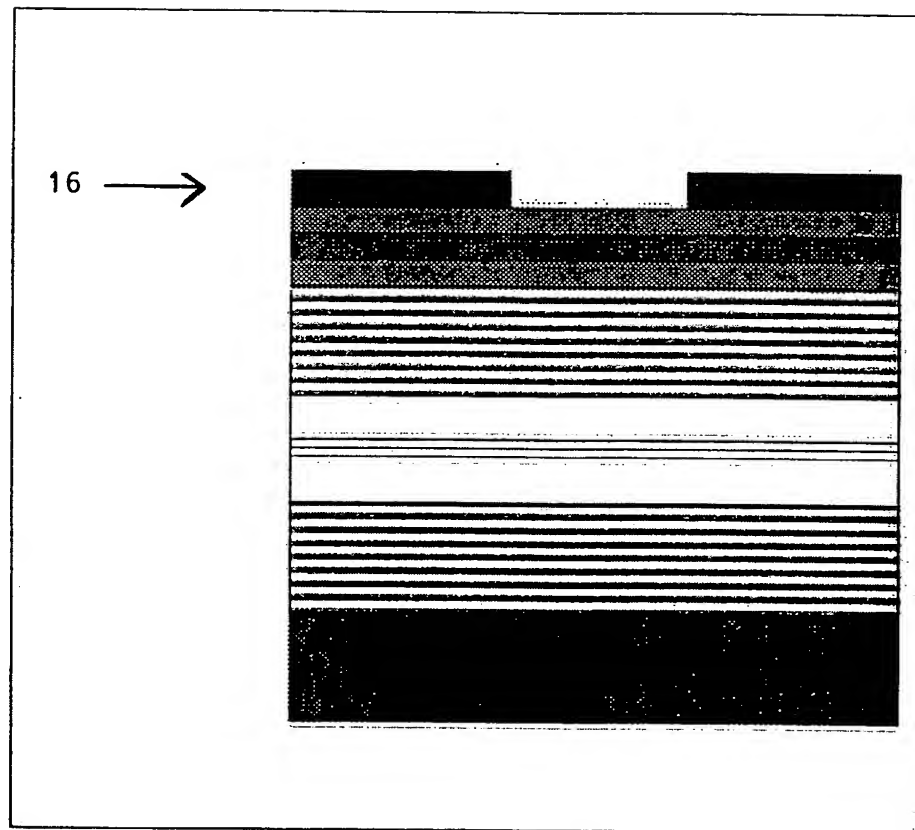
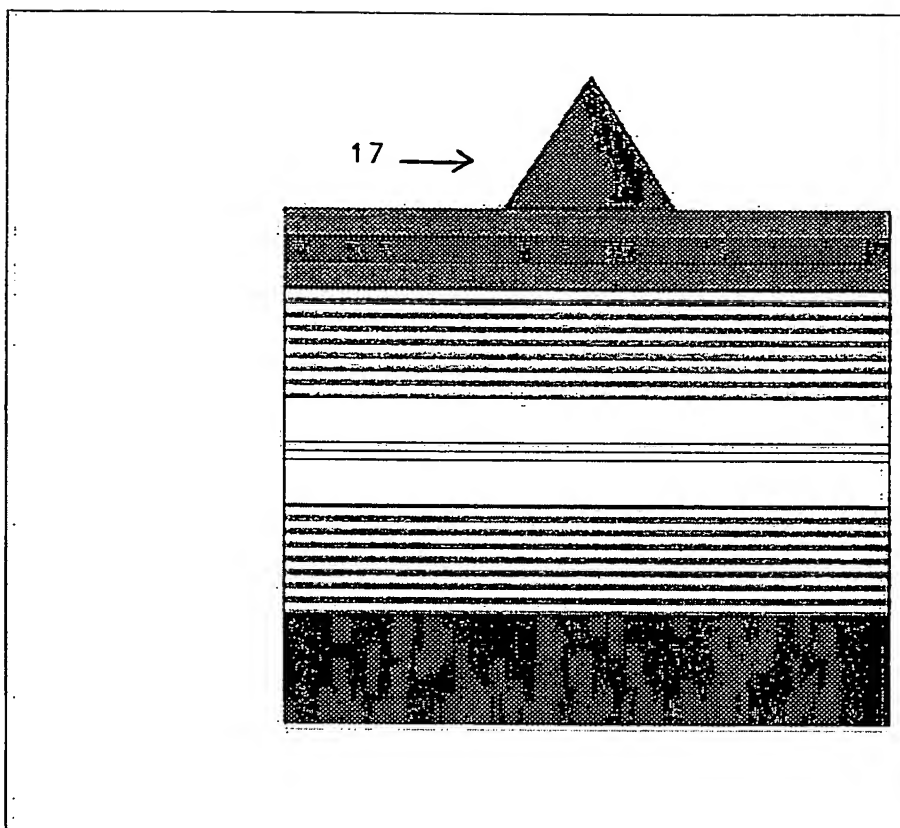


Figure 17



19/25

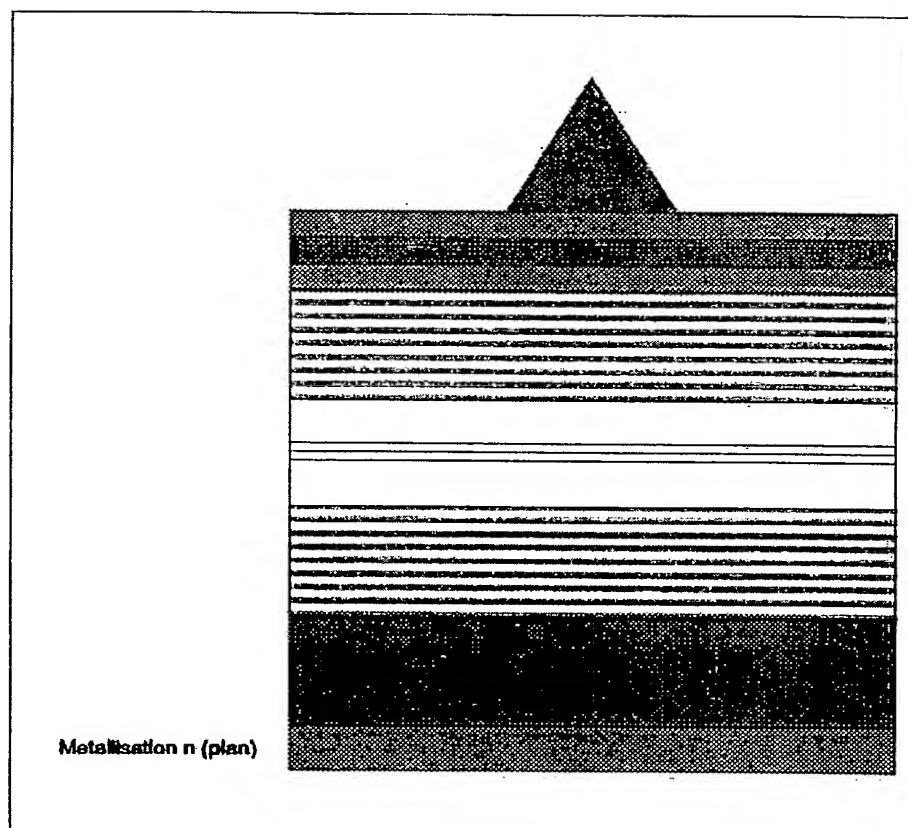


Figure 19

20/25

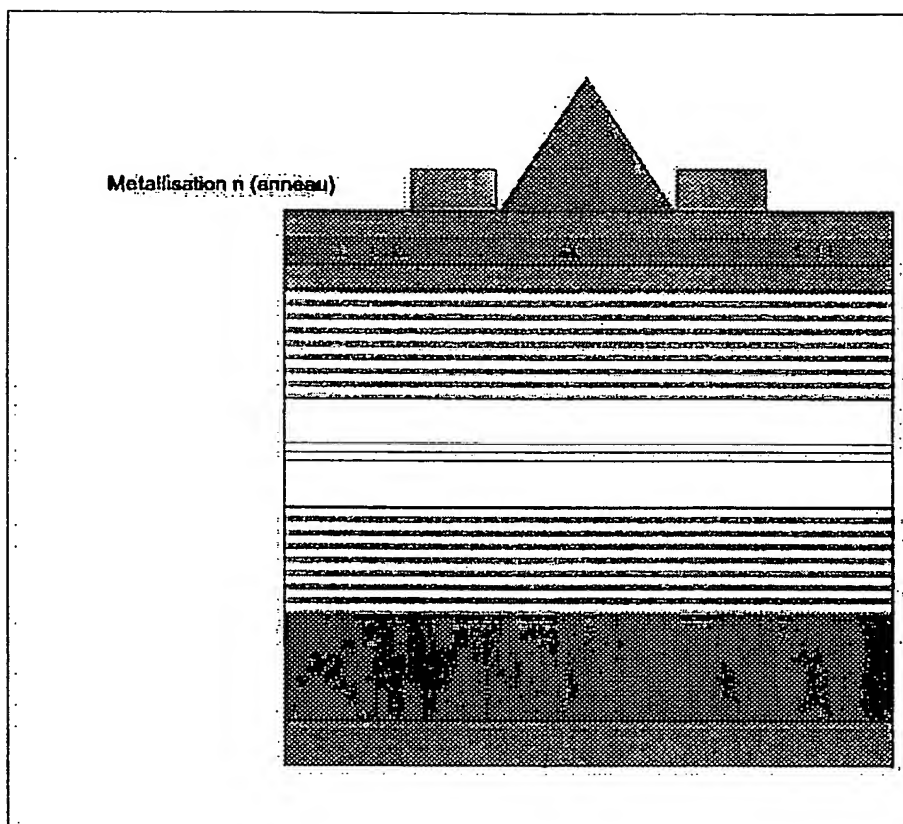


Figure 20

21/25

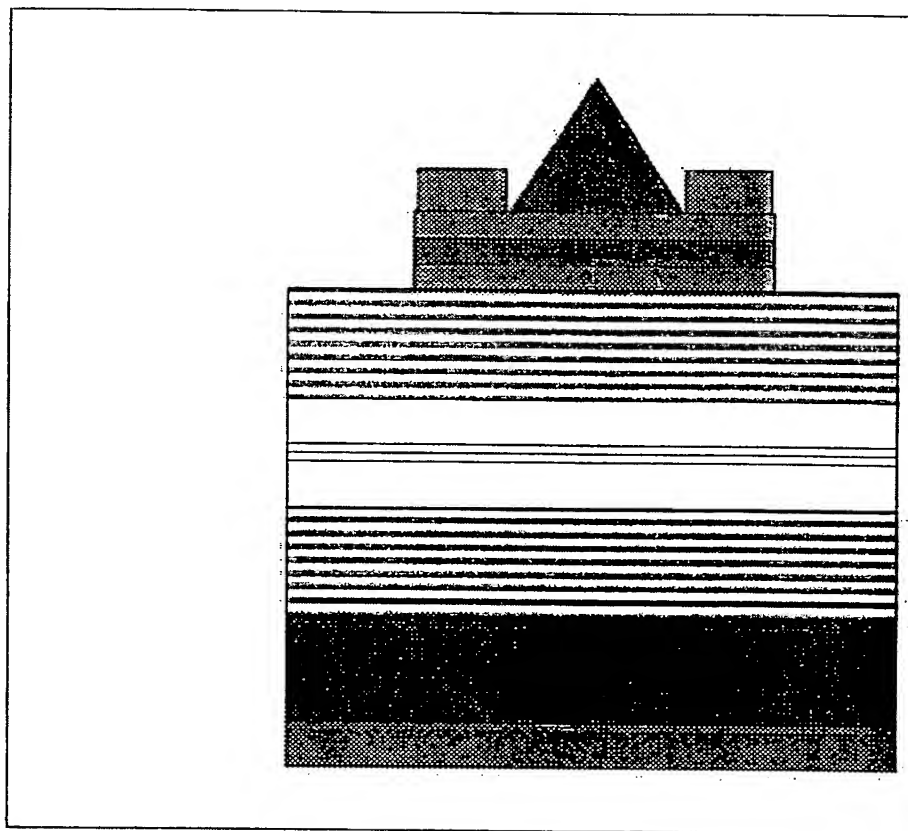


Figure 21

22/25

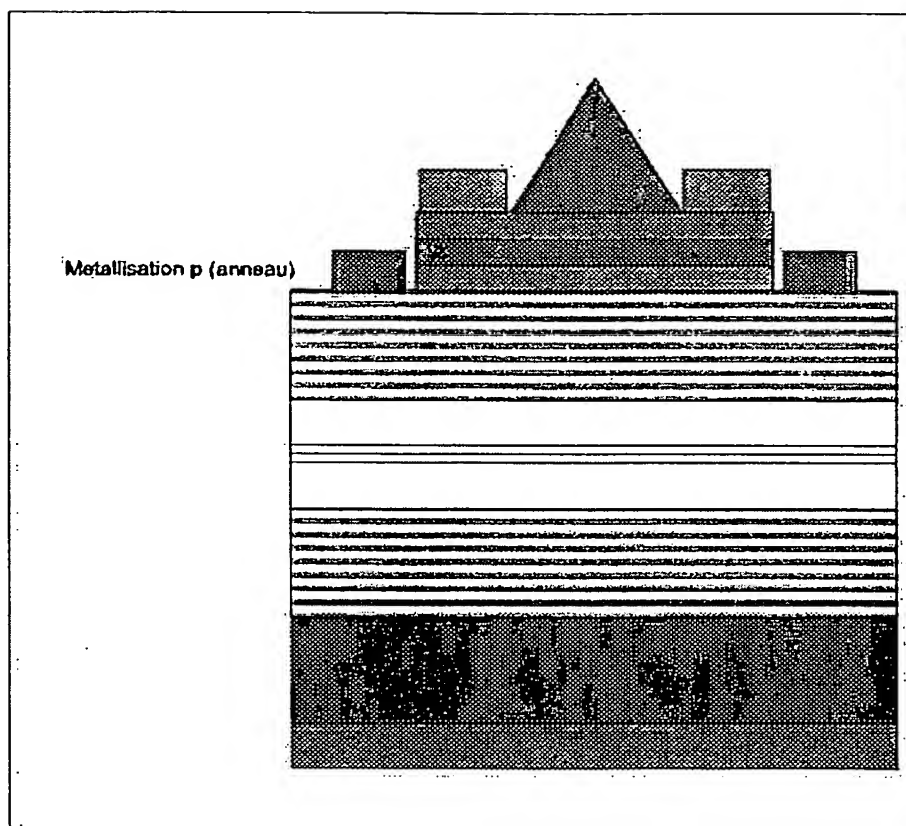


Figure 22

23/25

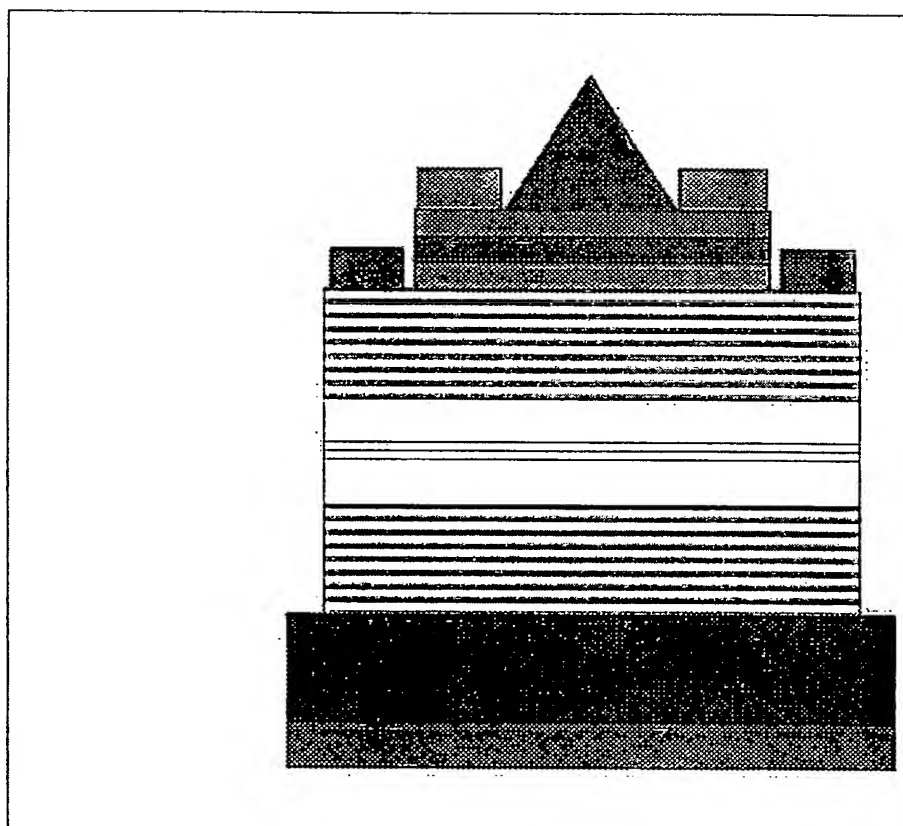


Figure 23



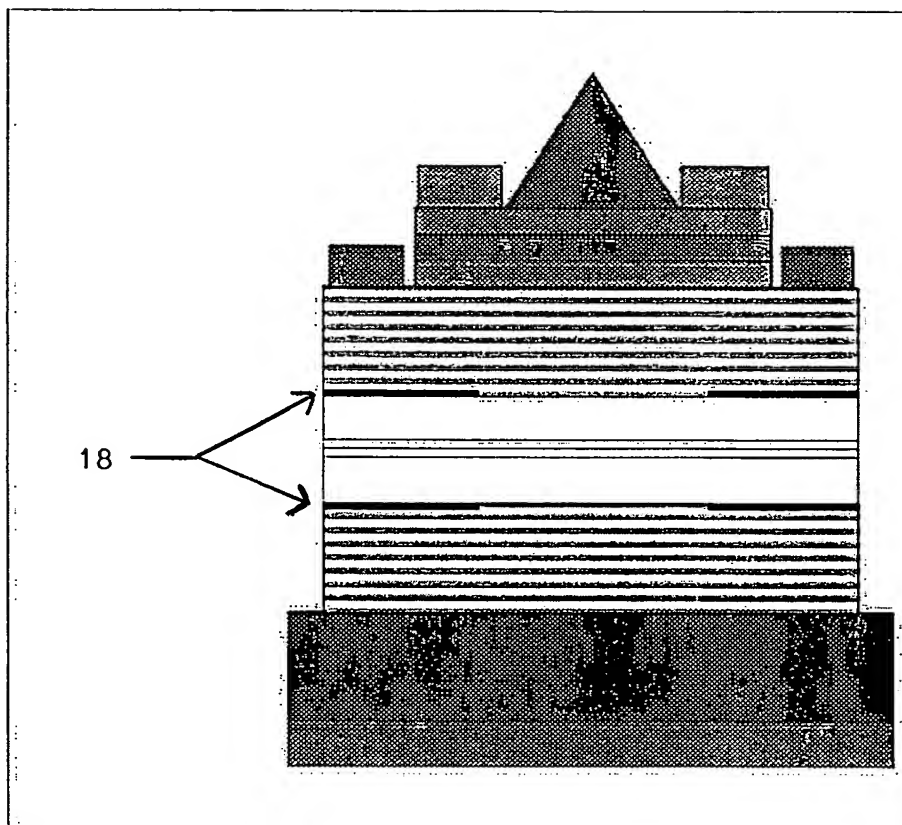


Figure 24

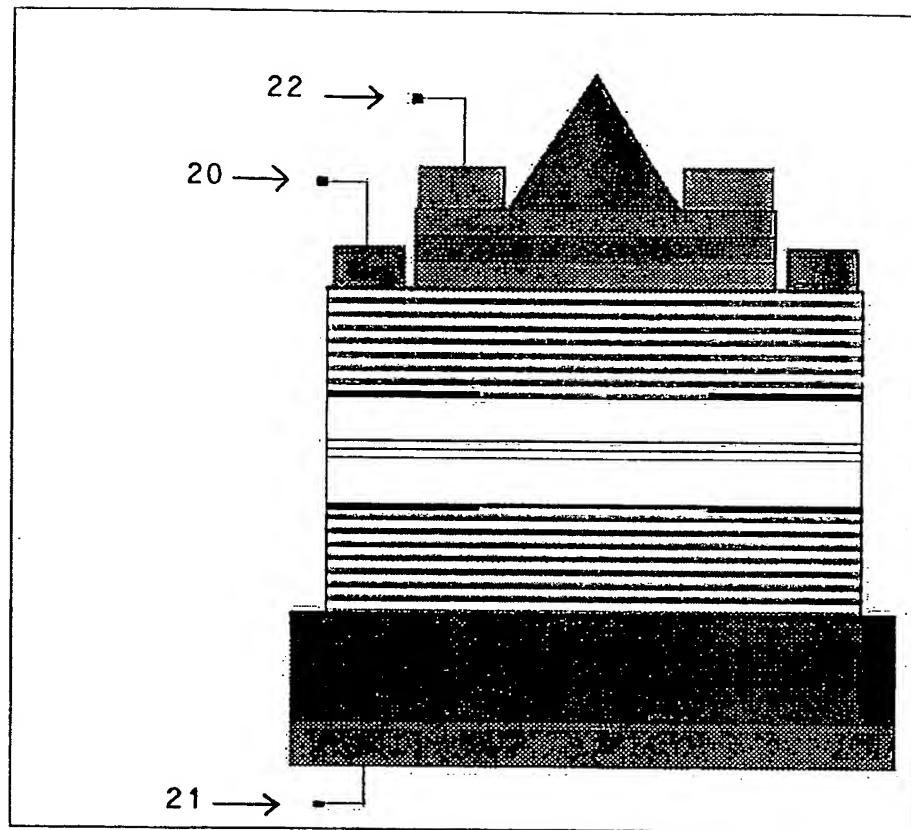


Figure 25

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No  
PCT/FR 99/02580A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G02B21/00 H01S5/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	HEISIG S ET AL: "Optical active gallium arsenide probes for scanning probe microscopy" FAR- AND NEAR-FIELD OPTICS: PHYSICS AND INFORMATION PROCESSING, SAN DIEGO, CA, USA, 23-24 JULY 1998, vol. 3467, pages 305-312, XP002112302 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1998, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X the whole document	1-5
Y	US 5 331 658 A (SHIEH CHAN-LONG ET AL) 19 July 1994 (1994-07-19) column 1, line 1 -column 4, line 55; figures 6,7	1,2,4,5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 April 2000

Date of mailing of the international search report

10.04.00

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brock, T

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02580

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 742 630 A (JIANG WENBIN ET AL) 21 April 1998 (1998-04-21) the whole document	3
A	--- AKAMINE S ET AL: "DEVELOPMENT OF A MICROPHOTOCANTILEVER FOR NEAR-FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPY" PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRICAL MECHANICAL SYSTEMS (MEMS), AMSTERDAM, JAN. 29 - FEB. 2, 1995, no. WORKSHOP 8, 29 January 1995 (1995-01-29), pages 145-150, XP000555258 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-7803-2504-4	1,4,5
A	--- EP 0 762 566 A (AT & T CORP) 12 March 1997 (1997-03-12) the whole document	1-5
A	--- EP 0 860 726 A (CANON KK) 26 August 1998 (1998-08-26) the whole document -----	1-5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 99/02580

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5331658 A	19-07-1994	NONE	
US 5742630 A	21-04-1998	NONE	
EP 0762566 A	12-03-1997	US 5625617 A	29-04-1997
		DE 69600964 D	17-12-1998
		DE 69600964 T	17-06-1999
		JP 9145603 A	06-06-1997
EP 0860726 A	26-08-1998	JP 10293134 A	04-11-1998

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 99/02580

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G02B21/00 H01S5/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G02B H01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	HEISIG S ET AL: "Optical active gallium arsenide probes for scanning probe microscopy" FAR- AND NEAR-FIELD OPTICS: PHYSICS AND INFORMATION PROCESSING, SAN DIEGO, CA, USA, 23-24 JULY 1998, vol. 3467, pages 305-312, XP002112302 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1998, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X le document en entier ---	1-5
Y	US 5 331 658 A (SHIEH CHAN-LONG ET AL) 19 juillet 1994 (1994-07-19) colonne 1, ligne 1 -colonne 4, ligne 55; figures 6,7 ---	1,2,4,5
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 avril 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10. 04. 00

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Brock, T

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 99/02580

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 742 630 A (JIANG WENBIN ET AL) 21 avril 1998 (1998-04-21) le document en entier ---	3
A	AKAMINE S ET AL: "DEVELOPMENT OF A MICROPHOTOCANTILEVER FOR NEAR-FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPY" PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRICAL MECHANICAL SYSTEMS (MEMS), AMSTERDAM, JAN. 29 - FEB. 2, 1995, no. WORKSHOP 8, 29 janvier 1995 (1995-01-29), pages 145-150, XP000555258 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-7803-2504-4 ---	1,4,5
A	EP 0 762 566 A (AT & T CORP) 12 mars 1997 (1997-03-12) le document en entier ---	1-5
A	EP 0 860 726 A (CANON KK) 26 août 1998 (1998-08-26) le document en entier -----	1-5

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux familles de brevets

Demande internationale No

PCT/TR 99/02580

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5331658 A	19-07-1994	AUCUN	
US 5742630 A	21-04-1998	AUCUN	
EP 0762566 A	12-03-1997	US 5625617 A	29-04-1997
		DE 69600964 D	17-12-1998
		DE 69600964 T	17-06-1999
		JP 9145603 A	06-06-1997
EP 0860726 A	26-08-1998	JP 10293134 A	04-11-1998





## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>G02B 21/00, H01S 5/10</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/25165</b> (43) Date de publication internationale: 4 mai 2000 (04.05.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02580 (22) Date de dépôt international: 22 octobre 1999 (22.10.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/13333 23 octobre 1998 (23.10.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): GORECKI, Christophe [FR/FR]; Route de Bonnevent, F-70700 Montboillon (FR). ARAKAWA, Yasuhiko [JP/JP]; 767-31 Ouzenji, Aso-Ku, Kawasaki-Shi, Kanagawa 215-0013 (JP). KHALFALLAH, Sabry, Khalil [FR/JP]; 3-20-3-205 Uehara, Shibuya-Ku, Tokyo 151-0064 (JP). KAWAKATSU, Hideki [JP/JP]; 4-32-13 Kaminoge, Setagaya-Ku, Tokyo 158-0093 (JP). PODLEKI, Jean [FR/JP]; "Grade One " No. 301, 1-23-5 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305-0047 (JP). BOUCHON, Dominique [FR/FR]; 5, place de la Bastille, F-75004 Paris (FR). SPAJER, Michel [FR/FR]; 5, rue de Loisy, F-25000 Besançon (FR).	(74) Mandataires: BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz, 3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).  (81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée <i>Avec une version révisée du rapport de recherche internationale.</i>  (88) Date de publication de la version révisée du rapport de recherche internationale: 15 juin 2000 (15.06.00)	
<p>(54) Title: MONOLITHIC INTEGRATION OF A DETECTION SYSTEM FOR NEAR-FIELD MICROSCOPY BASED ON OPTICAL FEEDBACK IN A VERTICAL CAVITY SURFACE EMITTING LASER</p> <p>(54) Titre: INTEGRATION MONOLITHIQUE D'UN SYSTEME DE DETECTION POUR LA MICROSCOPIE EN CHAMP PROCHE BASE SUR LA REINJECTION OPTIQUE DANS UN LASER A CAVITE VERTICALE EMETTANT PAR LA SURFACE</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention concerns an optical device comprising a SNOM tip, a laser cavity, a photodetector, said SNOM tip, said laser cavity and said photodetector being monolithically assembled in one common structure, the laser cavity being a VCSEL laser. The photodetector is located either beneath the assembly consisting of the SNOM probe and the VCSEL laser, or between the SNOM tip and the VCSEL laser.</p> <p>(57) Abrégé</p> <p>La présente invention concerne un dispositif de détection optique comprenant une pointe SNOM, une cavité laser, un photodétecteur, la dite pointe SNOM, la dite cavité laser et le dit photodétecteur sont assemblés monolithiquement dans une même structure, la cavité laser étant une cavité laser VCSEL. Le photodétecteur est soit situé sous l'ensemble constitué de la pointe SNOM et de la cavité laser VCSEL, soit situé entre la pointe SNOM et la cavité laser VCSEL.</p>		

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B21/00 H01S5/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	HEISIG S ET AL: "Optical active gallium arsenide probes for scanning probe microscopy" FAR- AND NEAR-FIELD OPTICS: PHYSICS AND INFORMATION PROCESSING, SAN DIEGO, CA, USA, 23-24 JULY 1998, vol. 3467, pages 305-312, XP002112302 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1998, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X the whole document	1-5
Y	US 5 331 658 A (SHIEH CHAN-LONG ET AL) 19 July 1994 (1994-07-19) column 1, line 1 -column 4, line 55; figures 6,7	1,2,4,5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 April 2000

Date of mailing of the international search report

10. 04. 00

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brock, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: Application No

PCT/FR 99/02580

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 742 630 A (JIANG WENBIN ET AL) 21 April 1998 (1998-04-21) the whole document ---	3
A	AKAMINE S ET AL: "DEVELOPMENT OF A MICROPHOTOCANTILEVER FOR NEAR-FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPY" PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRICAL MECHANICAL SYSTEMS (MEMS), AMSTERDAM, JAN. 29 - FEB. 2, 1995, no. WORKSHOP 8, 29 January 1995 (1995-01-29), pages 145-150, XP000555258 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-7803-2504-4 ---	1,4,5
A	EP 0 762 566 A (AT & T CORP) 12 March 1997 (1997-03-12) the whole document ---	1-5
A	EP 0 860 726 A (CANON KK) 26 August 1998 (1998-08-26) the whole document -----	1-5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02580

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5331658	A	19-07-1994	NONE	
US 5742630	A	21-04-1998	NONE	
EP 0762566	A	12-03-1997	US 5625617 A	29-04-1997
			DE 69600964 D	17-12-1998
			DE 69600964 T	17-06-1999
			JP 9145603 A	06-06-1997
EP 0860726	A	26-08-1998	JP 10293134 A	04-11-1998

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G02B21/00 H01S5/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G02B H01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	HEISIG S ET AL: "Optical active gallium arsenide probes for scanning probe microscopy" FAR- AND NEAR-FIELD OPTICS: PHYSICS AND INFORMATION PROCESSING, SAN DIEGO, CA, USA, 23-24 JULY 1998, vol. 3467, pages 305-312, XP002112302 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1998, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X le document en entier ---	1-5
Y	US 5 331 658 A (SHIEH CHAN-LONG ET AL) 19 juillet 1994 (1994-07-19) colonne 1, ligne 1 -colonne 4, ligne 55; figures 6,7 --- -/-	1,2,4,5



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 avril 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10.04.00

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Brock, T

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 742 630 A (JIANG WENBIN ET AL) 21 avril 1998 (1998-04-21) le document en entier ---	3
A	AKAMINE S ET AL: "DEVELOPMENT OF A MICROPHOTOCANTILEVER FOR NEAR-FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPY" PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MICRO ELECTRICAL MECHANICAL SYSTEMS (MEMS), AMSTERDAM, JAN. 29 - FEB. 2, 1995, no. WORKSHOP 8, 29 janvier 1995 (1995-01-29), pages 145-150, XP000555258 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-7803-2504-4 ---	1,4,5
A	EP 0 762 566 A (AT & T CORP) 12 mars 1997 (1997-03-12) le document en entier ---	1-5
A	EP 0 860 726 A (CANON KK) 26 août 1998 (1998-08-26) le document en entier -----	1-5

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux  bres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 99/02580

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5331658	A	19-07-1994	AUCUN	
-----				
US 5742630	A	21-04-1998	AUCUN	
-----				
EP 0762566	A	12-03-1997	US 5625617 A	29-04-1997
			DE 69600964 D	17-12-1998
			DE 69600964 T	17-06-1999
			JP 9145603 A	06-06-1997
-----				
EP 0860726	A	26-08-1998	JP 10293134 A	04-11-1998
-----				



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**